

**KAJIAN EROSI MARIN SEBAGAI PENYEBAB
DEGRADASI KEPESISIRAN KOTA TERNATE**
(The Study of Marine Erosion as A Coastal Degradation in Ternate City)

Adnan Sofyan*, Sunarto, Sudibiyakto**, Latif Sahubawa****

*Universitas Khairun Ternate Maluku Utara,

**Universitas Gadjah Mada Yogyakarta

Email : adsofyan@gmail.com

Diterima: 15 Februari 2010

Disetujui: 6 Mei 2010

Abstrak

Erosi marin yang terjadi di Kota Ternate telah banyak menimbulkan kerugian terhadap masyarakat, terutama masyarakat yang tinggal di wilayah kepebisiran. Erosi marin juga menyebabkan luas hutan mangrove di beberapa desa yang terletak di pantai menjadi berkurang bahkan hilang. Perubahan garis pantai berupa pengurangan pantai karena erosi pantai yang bervariasi terutama pada hampir sebagian besar di sepanjang pantai bagian Barat dari Kota Ternate, seperti di pantai Gambesi, pantai Sasa, pantai Castela, pantai Rua, pantai Taduma, pantai Togafo, pantai Takome. Erosi marin yang terjadi di Kota Ternate dominan dipengaruhi oleh faktor angin, pasang surut, arus, dan gelombang. Gelombang yang bersifat destruktif umumnya memiliki sifat yang merusak, hal ini dapat terjadi karena sifat gelombang yang destruktif mempunyai ketinggian dan kecepatan rambat yang sangat tinggi. Ini terutama terjadi pada musim Utara.

Kata kunci: degradasi, erosi marin, angin, arus, gelombang.

Abstract

Marine erosion that occurred in Ternate City has a lot of harm to society, especially people who live in the coastal area. Marine erosion also causes extensive mangrove forests in some villages which are located on the shore is reduced and even disappeared. Shoreline changes was reduced due to marine erosion that vary primarily in most of the shore along the western part of Ternate City, as Gambesi on the shore, shore Sasa, shore Kastela, shore Rua, shore Taduma, shore Togafo, shore Takome. Dominant factor of marine erosion that occurred in Ternate City is influenced by wind, tide, current, and waves. Destructive waves generally have a destructive nature, this could happen because of the destructive nature of the wave height and velocity has a very high. This was especially true in northern season.

Keywords: degradation, marine erosion, winds, currents, waves.

PENDAHULUAN

Sebagai negara ke empat terbesar di dunia, Indonesia memiliki pulau yang cukup banyak jumlahnya yaitu lebih dari 17.000 pulau, garis pantai 81.000 kilometer, dengan kurang lebih 60 persen dari 230 juta penduduknya tinggal di wilayah kepebisiran, Zona Ekonomi

Eksklusif (ZEE) seluas 5,8 juta kilometer laut persegi lebih tiga kali luas daratannya. Indonesia secara sempurna terletak pada posisi untuk mempengaruhi dan memformulasikan strategi-strategi pengembangan pengelolaan wilayah kepebisiran negara-negara berkembang di seluruh dunia. Indonesia menjadi negara terkaya di dunia dalam hal keragaman hayati

(*biodiversity*) (Knight dan Tighe, 2003). Namun demikian permasalahan utama yang dihadapi oleh pulau-pulau yang ada di Indonesia, salah satunya adalah erosi marin. Sebagai negara dengan jumlah pulau yang cukup banyak tersebut, fenomena alam ini menjadi permasalahan yang serius pada hampir sebagian besar pulau yang ada di Indonesia, termasuk di wilayah kepebisiran di Kota Ternate. Kota Ternate sebagai *water front city* merupakan wilayah yang dikelilingi oleh pantai dengan luas wilayah 250,85 km² dan memiliki 45 desa yang terletak di pantai dan 18 desa yang nonpantai.

Istilah erosi marin dapat pula disebut erosi pantai yang disebabkan oleh gerak air laut. Cooke dan Doornkamp (1994); King (1972) mengemukakan erosi marin ialah pantai yang telah mengalami perubahan bentuk. (CERC, 1984; Ritter, 1995; Viles dan Spencer, 1995) menggunakan istilah *shoreline erosion*. Erosi pantai adalah proses dari kerja hidraulik (kekuatan air dalam bentuk gelombang atau arus yang mengerosi pantai) meliputi abrasi, atrisi (pengausan partikel batuan karena penggelindingan, peloncatan dan penggelinciran pada gisik atau pelataran pantai) dan korosi (pelarutan batuan pantai oleh reaksi kimia air laut).

Erosi marin yang terjadi pada wilayah kepebisiran di Kota Ternate sangat memprihatinkan. Kondisi ini, jika dibiarkan terus tanpa adanya solusi, penanganan, dan pengelolaan yang baik terhadap pemanfaatan sumberdaya kepebisiran maka ke depan Kota Ternate sebagai *water front city* akan hilang dan tinggal kenangan. Erosi marin yang terjadi di Kota Ternate telah banyak menimbulkan kerugian terhadap masyarakat, terutama masyarakat yang tinggal di wilayah kepebisiran. Erosi marin juga menyebabkan luas hutan mangrove di beberapa desa di pantai menjadi berkurang bahkan hilang, seperti di pantai Sasa, Gambesi, dan di Manggadua.

Dari uraian-uraian tersebut di atas, maka penelitian ini dilakukan dengan tujuan: (a) untuk mengkaji faktor-faktor penyebab dari erosi marin yang terjadi di wilayah

kepebisiran Kota Ternate; (b) untuk mengetahui dampak yang terjadi sebagai akibat dari erosi marin.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini adalah untuk mengkaji dan menelusuri secara mendalam faktor, dan dampak dari erosi marin sebagai penyebab degradasi lingkungan fisik wilayah kepebisiran Kota Ternate, maka penelitian yang dilakukan adalah dengan menggunakan metode survei. Data-data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data angin, arus, pasang surut, dan data-data tentang gelombang.

Pengukuran kecepatan angin dan arah angin didasarkan dari data BMG Stasiun Babullah Ternate selama 10 Tahun (1997-2007) kemudian dianalisis dengan menggunakan *WRPLOT View* versi 5.9; untuk mengetahui kecepatan dan arah arus dilakukan pengukuran menggunakan pelampung yang posisinya bergerak atau disebut dengan metode lagrangian (*cara ekstraterestrial*). Pengukuran dilakukan dengan cara mengukur posisi pergerakan pelampung di sepanjang pantai dalam selang waktu tertentu; pengukuran pasang surut (pasut) dilakukan pada musim Utara dan Selatan kemudian dianalisis dengan persamaan $Formzahl (F) = (K_1/M_2) + (O_1/S)_2$, serta menggunakan software Pasut version 1.002 untuk memperoleh komponen harmoni pasut, tipe pasut, tunggang pasut.

Data-data gelombang diperoleh dengan perhitungan unsur-unsur pembentuk gelombang, yang didasarkan pada tinggi gelombang rata-rata (H_o) = 0,031 U^2 , kecepatan angin rata-rata terkoreksi (U) = $U = RT \times RL \times U_{10}$ di mana $U_{10} = U_z (10/z)^{1/7}$, periode gelombang rata-rata (T) diukur di lapangan, dan panjang gelombang rata-rata (L_o) = $L_o = 1,56 T^2$, sedangkan Sifat gelombang, dapat dihitung jika : $H_o / L_o \geq 0,025$ berarti destruktif; $H_o / L_o \leq 0,025$ berarti konstruktif. Sedangkan untuk mengetahui erosi marin yang terjadi dilakukan dengan menganalisis peta Citra Landsat 7 ETM+ Tahun 1990 dan Tahun 2007.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Angin

Analisis terhadap data angin di Kota Ternate selama 10 Tahun (1997-2007) dengan menggunakan *WRPLOT View versi 5.9* memperlihatkan, kecepatan angin pada musim Utara bervariasi di mana angin bergerak dari arah Barat Laut menuju arah Tenggara dengan kecepatan antara 1 - 4 knot sebesar 4,6 %, kecepatan angin antara 4 - 7 knot sebesar 18,1 % dan kecepatan angin antara 7 - 11 knot sebesar 41,7 %, kecepatan angin antara 11 - 17 knot hanya sebesar 28,3 %, kecepatan angin antara 17 - 21 knot sebesar 6,1 %, dan kecepatan angin ≥ 21 knot sebesar 1,1 %. Dengan menggunakan skala Beaufort, dapat dilihat bahwa secara umum sifat angin berada pada skala (2) sampai (4) dengan sifat sangat lemah (*alight breeze*) sampai sedang (*moderate breeze*), di mana keadaan laut dengan gelombang kecil tidak merata, tampak puncak gelombang tanpa buih sampai gelombang kecil mulai berubah menjadi gelombang besar, seperti yang disajikan pada Tabel 1 dan Gambar 1.

Pada musim Selatan kecepatan angin bergerak dari arah Selatan menuju Utara dengan kecepatan terbanyak antara 1 - 4 knot

sebesar 60,5 %, kecepatan angin antara 4 - 7 knot sebesar 22,7 % dan kecepatan angin antara 7 - 11 knot sebesar 16,3 %. Sementara kecepatan angin terendah antara 11 - 17 knot hanya sebesar 0,5 %. Klasifikasi kecepatan dan arah angin pada musim Selatan selama 10 Tahun (1997 - 2007) disajikan pada Tabel 2., dan Gambar 2.

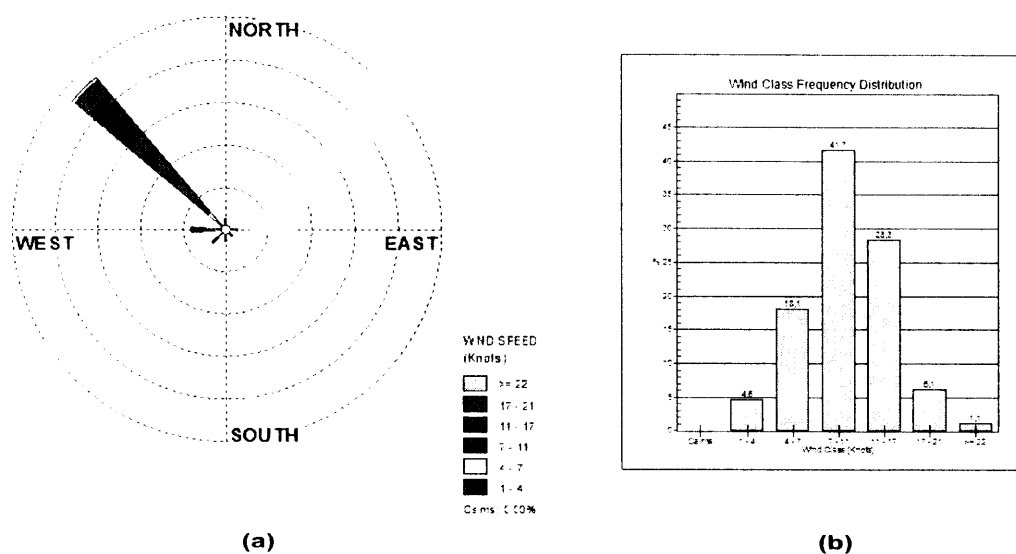
Arus

Pengamatan yang dilakukan di sekitar pesisir Kota Ternate bagian Utara rata-rata arus laut antara 0,18 - 0,38 m/dtk, sedangkan pada bagian Selatan rata-rata arus laut antara 0,19 - 0,60 m/dtk. Sementara arus laut dekat pantai rata-rata antara 0,21 - 0,47 m/dtk. Pada umumnya arus yang terjadi di sekitar Kota Ternate dominan dipengaruhi oleh arus pasang surut, arus musim dan gerakan ombak serta pengaruh angin. Arus dominan bergerak dari arah Tenggara dan Timur Laut pada saat pasang dan pada saat surut bergerak ke Selatan. Kecepatan arus terbanyak bergerak dari arah Selatan menuju Utara dan sebagian kecil bergerak dari arah Timur Laut menuju Barat Daya dengan kecepatan $< 0,5$ m/dtk sebesar 62,5 % dan kecepatan 0,5 - 2,1 m/dtk sebesar 37,5 % (Gambar 3)

Tabel 1. Klasifikasi distribusi frekuensi kelas kecepatan angin musim Utara 1997 - 2007

Arah (NE)	Kecepatan (Knot)						Total
	1 - 4	4 - 7	7 - 11	11 - 17	17 - 21	≥ 22	
348.75-11.25	0.56	0.19	0.56	0.00	0.00	0.00	1.30
11.25-33.75	0.00	0.00	0.56	0.19	0.00	0.00	0.74
3.75-56.25	0.00	0.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37
56.25-78.75	0.00	0.37	0.19	0.19	0.00	0.00	0.74
78.75-101.25	0.19	1.30	1.48	0.00	0.00	0.00	2.96
101.25-123.75	0.19	1.11	1.48	0.19	0.00	0.00	2.96
123.75-146.25	0.00	0.56	0.74	0.19	0.00	0.00	1.48
146.25-168.75	0.19	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37
168.75-191.25	0.19	1.48	1.48	0.00	0.00	0.00	3.15
191.25-213.75	0.56	0.74	0.56	0.00	0.00	0.00	1.85
213.75-236.25	0.37	2.04	1.67	0.19	0.00	0.00	4.26
236.25-258.75	0.19	1.30	0.74	0.00	0.00	0.00	2.22
258.75-281.25	0.93	1.11	2.59	0.19	0.19	0.00	5.00
281.25-303.75	0.93	2.41	8.15	10.37	1.48	0.19	23.52
303.75-326.25	0.37	3.70	15.19	14.44	3.52	0.93	38.15
326.25-348.75	0.00	1.30	6.30	2.41	0.93	0.00	10.93
Total	4.6	18.1	41.7	28.3	6.1	1.1	100

Keterangan: Kecepatan angin rata-rata 5,2 knot.

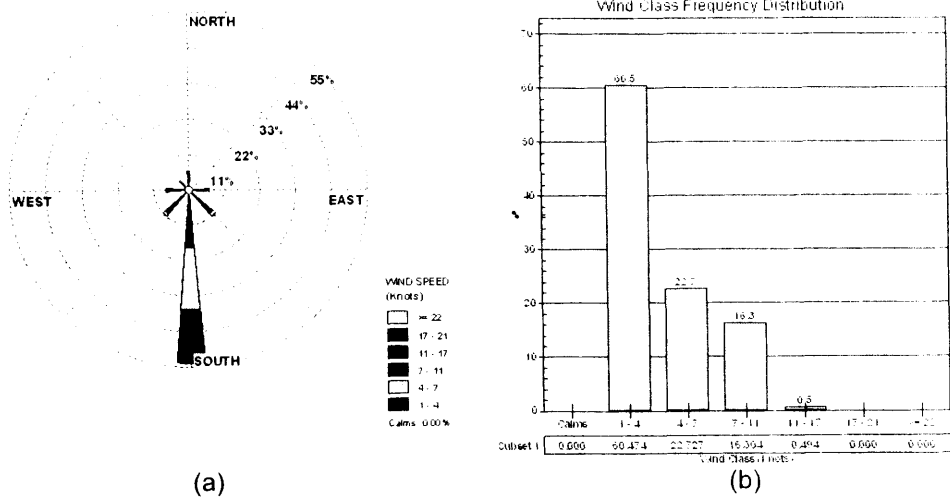


Gambar 1. (a). Mawar angin; (b) grafik distribusi frekuensi kecepatan angin (musim Utara Tahun 1997-2007).

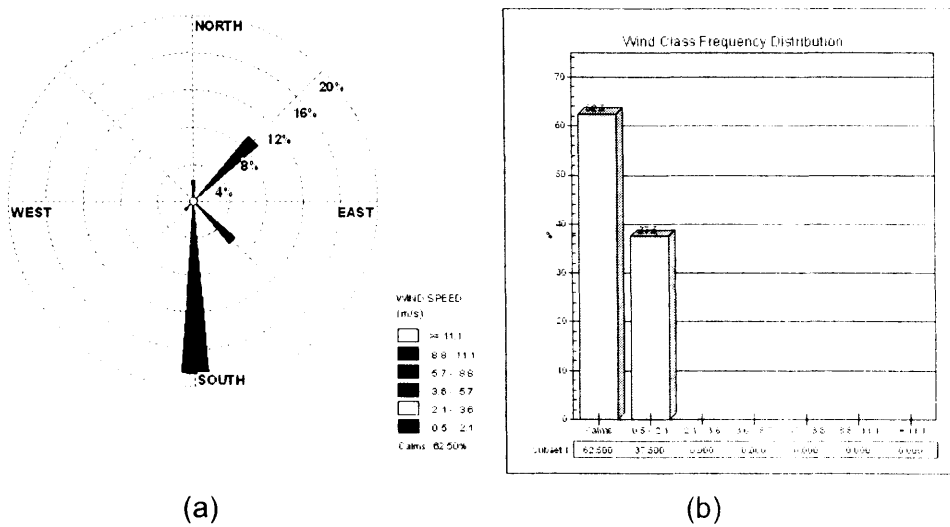
Tabel 2. Klasifikasi Distribusi frekuensi kelas kecepatan angin musim Selatan 1997 – 2007

Arah (°NE)	Kecepatan (knot)						Total
	1 - 4	4 - 7	7 - 11	11 - 17	17 - 21	≥ 22	
348.75-11.25	2,76	0,19	0	0	0	0	2,96
11.25-33.75	0,88	0	0	0	0	0	0,88
3.75-56.25	0,09	0	0	0	0	0	0,10
56.25-78.75	0,70	0	0	0	0	0	0,69
78.75-101.25	4,05	0,29	0	0	0	0	4,34
101.25-123.75	4,84	0,19	0	0	0	0	5,04
123.75-146.25	4,54	0,59	0	0	0	0	5,24
146.25-168.75	4,94	2,66	0,79	0,09	0	0	8,49
168.75-191.25	11,76	13,04	11,3	0,29	0	0	36,36
191.25-213.75	5,33	3,75	4,15	0,09	0	0	13,33
213.75-236.25	6,32	0,79	0	0	0	0	7,11
236.25-258.75	3,06	0,39	0	0	0	0	3,45
258.75-281.25	4,84	0,10	0	0	0	0	4,94
281.25-303.75	1,18	0,10	0	0	0	0	1,28
303.75-326.25	1,97	0,39	0	0	0	0	2,37
326.25-348.75	31,62	0,19	0	0	0	0	3,35
Total	60,5	22,7	16,3	0,5	0	0	100

Keterangan: Kecepatan angin rata-rata 4,7 knot.



Gambar 2. (a). Mawar angin; (b) grafik distribusi frekuensi kecepatan angin (musim Selatan Tahun 1997-2007).



Gambar 3. (a) Mawar arah arus, dan (b) Grafik distribusi frekuensi kecepatan arus rata-rata.

Tabel 3. Konstanta harmoni pasang surut pesisir Kota Ternate

Tetapan	So	M2	S2	N2	K2	K1	O1	P1	M4	MS4
Λ (cm)	90	27	22	5	8	14	10	6	0.0	0.0
g (der)		185	148	210	142	91	112	81	0.0	0.0

Komponen Harmoni Pasang Surut

Bukan hal yang mudah dalam melakukan pengamatan dan atau memprediksi kondisi pasang surut untuk memperoleh nilai yang akurat, karena itu diperlukan pengukuran paling sedikit 15 hari (Pariwono, 1985 *dalam* Dahuri dkk., 1996).

Data pasang surut di Kota Ternate selama 28 hari pada bulan April, Mei, Juni, Juli, Agustus, September, Desember 2008 dan Januari 2009 selanjutnya dianalisis dengan menggunakan metode Admiralty, maka diperoleh nilai konstanta harmoni pasang surut perairan pantai Kota Ternate, seperti yang disajikan pada Tabel 3.

Tipe Pasang Surut

Tipe pasang surut di pesisir Kota Ternate ditentukan dengan menggunakan persamaan Formzahl, cara ini merupakan cara yang paling sederhana karena menggunakan periode dominan dari pasang surut yang diamati yang didasarkan pada perbandingan (F) jumlah dengan komponen diurnal utama yaitu (K_1 dan O_1) terhadap jumlah amplitudo dua komponen semi diurnal utama (M_2 dan S_2). Nilai F yang tinggi (> 3) menandakan siklus pasang surut diurnal; jika ($1,5 < F < 3$) menandakan siklus pasang surut campuran dominan diurnal; jika ($1/4 < F < 1,5$) menandakan siklus pasang surut campuran dominan semidiurnal; dan jika ($F < 1/4$) maka siklus pasang surutnya adalah semidiurnal.

Dengan menggunakan nilai pada Tabel 4., konstanta harmoni pasang surut Kota Ternate, maka diperoleh nilai Formzahl (F) sebesar 0,5. Kemudian menggunakan kriteria pasang surut seperti pada Tabel 5, menunjukkan tipe pasang surut di Pesisir Kota Ternate adalah "*campuran dominan semidiurnal*", yaitu mengalami 2 kali pasang dan 2 kali surut pada interval waktu yang sama tetapi tinggi dan periodenya berbeda.

$$\text{Persamaan Formzahl, (F)} = \frac{K_1}{M_2} + \frac{O_1}{S_2}$$

Tunggang Pasang Surut

Hasil analisis diperoleh nilai tunggang air pasang surut pasang purnama (*spring tide*), pada air tinggi rata-rata pasang (MHHWS) dan rata-rata surut (MLLWS) adalah 98 cm atau +49 cm di atas MSL dan -49 cm di bawah MSL. Untuk nilai tunggang air pasang surut saat pasang perbani (*neap tide*), air tinggi rata-rata pasang (MHHWN) dan air rendah rata-rata surut (MLLWN) adalah sebesar 10 cm atau sebesar 5+ cm di atas MSL dan -5 di bawah MSL.

Tabel 4. Kriteria tipe pasang surut berdasarkan persamaan Formzahl

$F < 1/4$	Semidiurnal
$1/4 < F < 1,5$	Campuran dominan semidiurnal
$1,5 < F < 3$	Campuran dominan diurnal
$F > 3$	Diurnal

Tabel 5. Karakteristik pasang surut pesisir Kota Ternate

Karakteristik Tidal Level	Level (cm)	Tunggang Pasang (cm)
Higher Astronomical Tide (HAT)	+73	
Mean Higher High Water Spring (MHHWS)	+49	
Mean Higher High Water Neap (MHHWN)	+5	
Mean Sea Level (MSL)	0	
Mean Lower Low Water Neap (MLLWN)	-5	
Mean Lower Low Spring (MLLWS)	-49	
Lower Astronomical Tide (LAT)	-73	

Sumber : Hasil Analisis Data Pasut.

Sementara untuk nilai air tinggi tertinggi pada pasang besar (HAT) adalah +73 cm di atas MSL dan nilai air rendah terendah pada surut besar (LAT) adalah -52,5 cm atau -73 di bawah MSL. Selanjutnya karakteristik pasang surut pesisir Kota Ternate disajikan pada Tabel 5.

Gelombang

Hasil perhitungan unsur-unsur pembentuk gelombang, yang didasarkan pada tinggi gelombang rata-rata (H_o), kecepatan angin rata-rata terkorksi (U), periode gelombang rata-rata (T) dan panjang gelombang rata-rata (L_o) serta perbandingan antara tinggi gelombang rata-rata (H_o) dan panjang gelombang rata-rata (L_o), maka diperoleh sifat-sifat gelombang yang terjadi di wilayah studi. Sifat gelombang yang terjadi pada wilayah studi, yaitu pada musim Utara bersifat destruktif dan pada musim Selatan bersifat konstruktif.

Gelombang yang bersifat destruktif umumnya memiliki sifat yang merusak, hal ini dapat terjadi karena sifat gelombang yang destruktif mempunyai ketinggian dan kecepatan rambat yang sangat tinggi di mana air yang kembali berputar mempunyai lebih sedikit waktu untuk meresap ke dalam pasir. Ketika gelombang datang kembali menghantam pantai akan ada banyak volume air yang terkumpul dan mengangkut material pantai menuju ke tengah laut atau ke tempat lain.

Sedangkan gelombang yang bersifat konstruktif ini memiliki sifat yang membangun yang menyebabkan terjadi deposisi marin atau terjadi penambahan material, hal ini dapat terjadi karena sifat gelombang konstruktif memiliki ketinggian yang kecil dengan kecepatan rambat yang rendah sehingga pada saat gelombang tersebut pecah di pantai akan mengangkut sedimen (material pantai).

Erosi Marin

Untuk menelaah secara historis perubahan garis pantai di sepanjang lokasi studi, maka digunakan Citra Landsat 7 ETM+ Tahun 1990, dan Tahun 2007 yang dianalisis secara digital, visual, dan dengan informasi geografi untuk

tampilannya. Analisis digital dilakukan dengan menggunakan software *Ermapper Version 6.4.*, untuk analisis visual dilakukan dengan berdasarkan pada hasil identifikasi objek, sedangkan analisis sistem informasi geografis dilakukan mencakup digitasi terhadap garis pantai.

Hasil analisis menunjukkan, bahwa telah terjadi perubahan garis pantai berupa pengurangan pantai karena erosi pantai yang bervariasi terutama pada hampir sebagian besar di sepanjang pantai bagian Barat dari Kota Ternate, seperti di pantai Gambesi, pantai Sasa, pantai Castela, pantai Rua, pantai Taduma, pantai Togafo, pantai Takome. Pengurangan garis pantai yang terjadi di pantai bagian Barat dari Kota Ternate berlangsung sangat intensif dalam kurun waktu 20 Tahun terakhir yaitu berkisar kurang lebih 68,27 meter ke arah darat dengan luas keseluruhan 69,53 ha atau rata-rata setiap Tahun dalam 20 Tahun terakhir sejak Tahun 1990 – 2007 telah terjadi pengurangan garis pantai sebesar 3 - 4 m ke arah darat atau 4,09 ha.

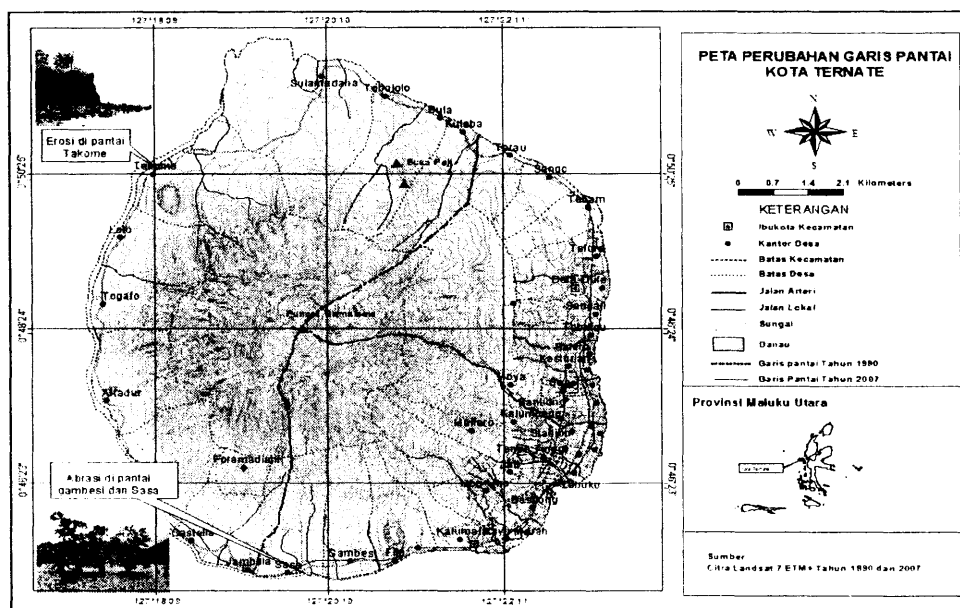
Erosi pantai pada pantai Barat dari Kota Ternate (*Kecamatan Kota Ternate*) dapat dimaklumi, karena pada pantai Barat Kota Ternate merupakan pantai yang berhadapan langsung dengan laut Maluku dan merupakan pantai yang tidak terhalang oleh pulau-pulau yang lain. Karena merupakan pantai yang terbuka, maka gelombang laut yang datang dari arah laut secara langsung dan tegak lurus menuju pantai dan berlangsung dalam waktu yang relatif lama dan terus-menerus menyebabkan pantai secara perlahan mengalami erosi pantai. Terutama pada musim Utara yang berlangsung pada bulan Desember - Pebruari, gelombang yang terjadi pada bulan tersebut sangat tinggi. Hal ini juga berkaitan erat dengan angin yang terjadi pada musim Utara.

Angin adalah merupakan salah satu faktor yang dapat membangkitkan gelombang. Dengan demikian yang angin terjadi pada musim Utara pada lokasi studi yang datang dari arah Barat Laut menuju Tenggara tersebut membangkitkan gelombang yang datang menuju pantai. Gelombang yang datang se arah pantai atau

datang tegak lurus menuju pantai (*pantai berorientasi tegak lurus arah datangnya gelombang*) dapat menghantam pantai intensif mengakibatkan semakin intensifnya proses erosi pada pantai bagian Barat dari Kota Ternate. Hal ini juga sependapat dengan apa yang dikemukakan oleh Wyrski (1961) dan Vreugdenhil (1999), bahwa gelombang yang sangat besar datang tegak lurus terhadap garis pantai dan terjadi secara terus menerus dengan waktu yang lama dapat menyebabkan pantai tererosi (Gambar 4 dan 5).

Gelombang laut yang cukup tinggi terutama yang terjadi pada musim Utara menyebabkan

laut semakin dekat dengan deretan rumah penduduk. Di Dufa-Dufa, tak jauh dari pelabuhan penyeberangan, tiga rumah warga rusak akibat dihantam gelombang. Rumah milik Abdulgani Saleh, Kunup, dan Ongen, misalnya, bagian dapurnya runtuh karena fondasinya longsor. Rumah-rumah itu kini terancam ambruk karena dinding utama sudah berbatasan langsung dengan pantai (Kompas, 2 April 2007). Bahkan beronjong atau talut yang terbuat dari batu dan kayu yang dibuat oleh warga rusak akibat tidak mampu menahan gelombang pasang terutama jika terjadi pada musim Utara.



Gambar 4. Peta perubahan garis pantai Kota Ternate



Tahun 1990

Tahun 2007

Gambar 5. Citra Landsat 7 ETM+ Tahun 1990 dan 2007

KESIMPULAN

Erosi marin yang terjadi di wilayah kepebisiran Kota Ternate telah menimbulkan perubahan terhadap garis pantai. Kondisi ini sangat memprihatinkan karena telah menimbulkan kerugian. Erosi marin yang terjadi disebabkan oleh faktor-faktor angin, perubahan arus, perubahan pasang surut dan gelombang terutama yang terjadi pada musim Utara. Faktor angin dominan yang membangkitkan gelombang, terutama gelombang yang bersifat destruktif (merusak) yang terjadi pada musim Utara.

DAFTAR PUSTAKA

- Coastal Engineering Research Center (CERC), 1984. *Shore Protection Manual*, Vol. I and II, Departement of Army, U.S. Army Corp of Engineers, Washington DC.
- Cooke, R.U., dan J.C. Doornkamp, 1994. *Geomorphology in Environmental - Management: A New Introduction*, Edisi kedua, Clarendon Press, Oxford, hlm. 1-18; 269-302.
- Dahuri, R., J. Rais., S.P. Giting dan M.J. Sitepu, 1996. *Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu*. Pradyna Paramita, Jakarta.
- King, C.A.M., 1972. *Beaches and Coasts*. Edward Arnold, London, hlm. 403-415.
- Knight, M. dan S. Tighe, (editor) 2003. *Koleksi Dokumen Proyek Pesisir 1997-2003*; Coastal Resources Center, University of Rhode Island, Narragansett, Rhode Island, USA. (5 Seri, 30 Buku, 14 CR-ROM).
- Ritter, D. F., 1995. *Process Geomorphology*, WMC Brown Co. Publisher, Dubuque, Iowa.
- Vreugdenhil, C.B. 1999. *Transport Problems in Shallow Water, Bottlenecks and Appropriate Modeling*: Twente University, Department of Civil Engineering and Management. *Seminar on Sediment Transport Modelling*. Bandung Institute of Technology February 5-6, Seminar Papers: 8 p.
- Viles, H., dan T. Spencer, 1995, *Coastal Problems: Geomorphology, Ecology and Society at the Coast*, Edward Arnold, London, 1-44 p.
- Wyrtki, K. 1961. *Physical Oceanography of the South East Asian Waters*. Naga Report. Vol.2: 196 p.